UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

JOANE AUGUSTO DE SOUZA JUNIOR

Cirurgião-Dentista

Avaliação da dureza Knoop da resina acrílica polimerizada por luz visível, quando em contato com metal, e de sua rugosidade de superfície

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do Título de Doutor em Clínica Odontológica – Área de Prótese Dental.

PIRACICABA - SP
2004

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

JOANE AUGUSTO DE SOUZA JUNIOR

Cirurgião-Dentista

Avaliação da dureza Knoop da resina acrílica polimerizada por luz visível, quando em contato com metal, e de sua rugosidade de superfície

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do Título de Doutor em Clínica Odontológica – Área de Prótese Dental.

Orientadora: Profª. Drª. Renata C. M. Rodrigues Garcia

Banca Examinadora:
Profª. Drª. Adriana Silva de Carvalho
Profª. Drª. Altair Antoninha Del Bel Cury
Profª. Drª. Renata Cunha Matheus Rodrigues Garcia
Profª. Drª. Viviane Maia Barreto de Oliveira
Profª. Drª. Solimar Maria Ganzarolli

PIRACICABA - SP
2004

Ficha Catalográfica

So89a

Souza Junior, Joane Augusto de.
Avaliação da dureza Knoop da resina acrílica polimerizada por luz visível, quando em contato com metal, e de sua rugosidade de superfície. / Joane Augusto de Souza Junior. -- Piracicaba, SP : [s.n.], 2004.
x, 60f. : il.

Orientador : Profa Dra Renata Cunha Matheus Rodrigues Garcia.
Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Resinas acrílicas dentárias. 2. Fotopolímeros. 3. Resistência dos materiais. 4. Prótese dentária.. I. Garcia, Renata Cunha Matheus Rodrigues. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Marilene Girello CRB/8–6159, da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP.

Dedico este trabalho

À **Deus**, pela dádiva da vida, sabedoria,
discernimento e orientação, presentes em todos
os momentos de minha caminhada.

"Deus nos concede, a cada dia, uma página
de vida nova no livro do tempo.
Aquilo que colocarmos nela,
corre por nossa conta."

Chico Xavier

Aos meus pais,

Joane e Maria Vilma, que

com muito amor, carinho, incentivo e dedicação

não pouparam esforços para minha formação,

sempre dando exemplos de honestidade,

trabalho, respeito e união.

Aos meus irmãos, José Ricardo e Jeane**,**

pelo incentivo, confiança, amor

e amizade que nos une.

A **Cibele**

pelo amor, carinho, paciência,

compreensão e dedicação durante todo o curso.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

À **Profª. Drª. Renata Cunha Matheus Rodrigues Garcia,**

da área de Prótese Parcial Removível, do Departamento

de Prótese e Periodontia da FOP-UNICAMP,

pela orientação, incentivo e dedicação

na realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, na pessoa do seu Reitor **Prof. Dr. Carlos Henrique de Brito Cruz.**

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba, UNICAMP, nas pessoas do Diretor **Prof. Dr. Thales Antonio de Mattos Filho** e Diretor Associado **Prof. Dr. Mario Fernando de Goés**.

Ao **Prof. Dr. Lourenço Correr Sobrinho,** da Área de Materiais Dentários, Coordenador dos Cursos de Pós-Graduação da FOP-UNICAMP, e a **Profª. Drª. Brenda Paula Figueiredo Gomes**, da Área de Endodontia, do Departamento de Odontologia Restauradora, coordenadora do Curso de Pós-Graduação em Clínica Odontológica da FOP-UNICAMP, pela atenção.

Ao **Prof. Dr. Simonides Consani,** pela utilização do laboratório de Materiais Dentários e utilização do rugosímetro.

À **Profª. Drª. Altair Antoninha Del Bel Cury** pelo exemplo de dedicação, colaboração e amizade no relacionamento pessoal e profissional.

À **Profª. Drª. Célia Rizzati Barbosa** pela formação científica durante a pós-graduação e amizade.

À Técnica do laboratório de Prótese Parcial Removível, FOP-UNICAMP, **Joselena Casati Lodi**, pela amizade, aprendizado, carinho e colaboração na experimentação deste trabalho.

Ao estatístico **Prof. Antônio Carlos Fonseca Pontes**, da Universidade Federal do Acre, pelo auxílio na análise estatística.

À bibliotecária da Faculdade de Odontologia de Piracicaba **Marilene Girello**, pelo auxílio da correção das Referências Bibliográficas.

Aos colegas da República Tiradentes, **Alex José, César Arrais e Paulo Henrique (Paulinho),** pelos momentos de descontração, amizade, incentivo e aprendizagem durante a vivência em Piracicaba.

Aos amigos, **Daniel Saito, Fábio Ornelas, Geraldo Lombardo, Leonardo Buso, Lícia Ney, Nadia Lunardi,** e colegas da 70ª Turma da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP, pelo incentivo e apoio em minha formação.

Ao **Edwin Fernando, Juvenil Diniz Ferreira e Manoel Tróia Jr.** pela amizade, companheirismo, apoio, incentivo e aprendizagem durante o curso de pós-graduação.

A todos os colegas do curso de pós-graduação, em especial**, Liliana Leon, Emilena Lima, Fernanda Faot, Juliana Moura, Lais Regiane, Márcia Nakaoka, Margarete Ribeiro, Priscila Serrano, Rosena Rosa, Samira Albuquerque, Viviane Maia, Wander José,** pelo companheirismo e convívio durante o curso de pós-graduação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior – **CAPES**, pelo apoio financeiro.

“Toda a arte de ensinar é apenas a arte de acordar a curiosidade natural nas mentes jovens, com o propósito de serem satisfeitas mais tarde.”

Anatole France

SUMÁRIO

RESUMO.....1

ABSTRACT.....3

1. INTRODUÇÃO.....5

2. REVISÃO DA LITERATURA.....8

3. PROPOSIÇÃO.....19

4. MATERIAL E MÉTODOS......20

4.1 CONFECÇÃO DOS CORPOS-DE-PROVA.....20

4.1.1 CONFECÇÃO DAS BARRAS METÁLICAS.....22

4.1.2 PRENSAGEM E POLIMERIZAÇÃO DA RESINA ACRÍLICA.....23

4.1.3 ACABAMENTO E POLIMENTO DOS CORPOS-DE-PROVA.....26

4.2 AVALIAÇÃO DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL.....28

4.3 AVALIAÇÃO DA DUREZA KNOOP SUPERFICIAL.....29

4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....31

5. RESULTADOS.....32

5.1 RUGOSIDADE SUPERFICIAL.....32

5.2 DUREZA SUPERFICIAL.....33

6. DISCUSSÃO.....36

7. CONCLUSÃO.....41

REFERÊNCIAS.....42

ANEXO I 45

ANEXO II 55

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar e comparar a rugosidade e dureza Knoop de uma resina acrílica fotopolimerizável com resinas termopolimerizáveis, quando em contato com metal. Foram confeccionadas 12 amostras medindo 30 mm de diâmetro e 4 mm de espessura, contendo em seu interior uma barra metálica de cobalto-cromo, exposta em uma das superfícies da amostra, para cada tipo de resina utilizada, sendo: grupo 1) resina acrílica polimerizada por energia de microondas (Onda-Cryl®); grupo 2) resina acrílica fotopolimerizável (Triad®); grupo 3) resina acrílica termopolimerizável convencional (Clássico®). As amostras foram acabadas e polidas com lixa d'água de granulação 320, 400, 600 e 1000, e utilizada pasta de diamante de 1 µm. A rugosidade superficial (µm) da resina acrílica foi avaliada em equipamento Surfcorder SE 1700 calibrado com comprimento de onda limite de 0,8mm, percurso de medição de 3,2mm e velocidade de 0,5mm/s. A dureza Knoop (Kg/mm^2) foi avaliada em equipamento Shimadzu HMV-2000 aplicando-se carga de 25 gramas por 10 segundos, nas distâncias de 50, 100, 200, 400 e 800 µm da barra metálica. Ambas as análises foram realizadas na mesma superfície polida da amostra, mas em lados opostos em relação ao metal. Os resultados de rugosidade foram submetidos a análise de variânica, teste de Tukey e teste t, e para dureza Knoop foram realizados a análise de variância, teste de Tukey e teste de Kruskal-Wallis. Foi observada diferença significativa ($p < 0,05$) tanto na dureza quanto na rugosidade da resina, sendo que a resina fotopolimerizável (grupo 2) apresentou os maiores valores (Ra = 0,11 e KHN 50 = 20,20; KHN 100 = 20,96; KHN 200 = 20,88; KHN 400 = 21,01 e KHN 800 = 21,44). Em relação às distâncias do metal não houve diferença significante ($p > 0,05$) para a dureza em

nenhum dos grupos estudados (grupo 1: KHN 50 =16,78; KHN 100 = 17,16; KHN 200 = 17,29; KHN 400 = 17,87; KHN 800 = 17,98; e grupo 3: KHN 50 = 17,07; KHN 100 = 17,06; KHN 200 = 17,21; KHN 400 = 17,78; KHN 800 = 17,96). Com estes resultados pode-se concluir que a resina acrílica fotopolimerizável apresenta maior rugosidade e dureza Knoop superficiais, em relação aos outros grupos, e o metal não interferiu na dureza do material.

ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate and compare roughness and Knoop microhardness values of a visible light-cured resin to heat-cured resins, when in contact with metal. Therefore, twelve samples of 30 mm in diameter and 4 mm in thickness were made, containing a cobalt-chromium metal bar exposed in one of the surfaces, to each group of the according to the resin and polymerizing method: group 1) microwave oven-cured acrylic resin (Onda Cryl®); group 2) visible light-cured acrylic resin (Triad®); group 3) heat-cured in water acrylic resin (Clássico®). After processing, all samples were ground with 360, 400, 600 and 1000-grit abrasive papers in a polishing machine under refrigeration, followed by polishing cloths and 1-micron diamond suspension. Roughness of the acrylic resins were evaluated in micrometers (μm) with a surface texture measurer Surfcorder SE 1700 calibrated with a cut-off value of 0.8 mm and a tracing length of 3.2mm in 0.5mm/s. Knoop Microhardness (Kg/mm^2) was assayed using a microhardness tester Shimadzu HMV-2000 set on 25 gram for 10 seconds, at 50, 100, 200, 400 and 800 μm from the metal bar. Roughness values were submitted to analysis of variance, Tukey's test and t-test and Knoop hardness values were submitted to analysis of variance, Tukey's test and Kruskal-Wallis' test. Statistically significant differences ($p < 0.05$) were found for microhardness and roughness values, where group 2 presented the highest values (Ra = 0.11 and KHN 50 = 20.20; KHN 100 = 20.96; KHN 200 = 20.88; KHN 400 = 21.01 and KHN 800 = 21.44). Microhardness values in different distances from the metal bar were not significantly different ($p < 0.05$) (group 1: KHN 50 =16.78; KHN 100 = 17.16; KHN 200 = 17.29; KHN 400 = 17.87; KHN 800 = 17.98; and group 3: KHN 50 = 17.07; KHN

100 = 17.06; KHN 200 = 17.21; KHN 400 = 17.78; KHN 800 = 17.96). It was concluded that heat-cured in water acrylic resin showed the highest roughness and surface Knoop hardness values when compared to the other groups. Also, metal did not influence acrylic's hardness values.

1. INTRODUÇÃO

Quando da ausência total ou parcial de dentes naturais, o restabelecimento da função mastigatória, estética e fonética é obtido através da instalação de próteses. Estas podem ser confeccionadas com polimetilmetacrilato, que se constitui em uma das resinas mais utilizadas na prática clínica, desde a metade da década de 40. O método mais comum de processamento desta resina é a termopolimerização, entretanto, com o passar do tempo e com o intuito de se obter os melhores resultados de suas propriedades físicas e estéticas, este método sofreu modificações. Assim, além de novos métodos, vários ciclos e resinas acrílicas foram propostos (ANUSAVICE, 1998; LEVIN *et al.*, 1989; DE CLERCK, 1987; REITZ *et al.*, 1985; TRUONG & THOMASZ, 1988), dentre eles a polimerização por meio de energia de microondas e por luz visível que tornaram a técnica mais simples, além de melhorar as propriedades desejáveis dos respectivos materiais (OGLE *et al.*, 1986; KHAN *et al.*, 1987).

Uma das principais vantagens das resinas acrílicas polimerizadas por energia de microondas e luz visível sobre aquelas processadas pelo método convencional do banho de água quente, reside na acentuada redução do tempo necessário para a polimerização da mesma. Além disso, a resina acrílica processada por meio de luz visível, também denominada de resina acrílica fotopolimerizável, pode ser utilizada diretamente na cavidade oral, podendo ser processada por equipamento fotopolimerizador manual, característica que facilita alguns procedimentos clínicos de urgência (OGLE *et al.*, 1986).

A resina acrílica fotopolimerizável foi inicialmente introduzida no mercado odontológico para ser utilizada em casos clínicos de reparos e/ou adições de material em

próteses removíveis subestendidas (KHAN *et al.*, 1987). Atualmente, devido a sua rapidez e facilidade de utilização, este tipo de resina é indicado para diversas situações clínicas, por exemplo como material reembasador de próteses removíveis, confecção de bases de próteses provisórias e definitivas, confecção de aparelhos ortodônticos e de base-de-prova (ANDREOPOULOS & POLYZOIS, 1994; CURTIS *et al.*, 1989; KHAN *et al.*, 1987; OGLE *et al.*, 1986).

Para que ocorra o processo de fotopolimerização é necessária a emissão de luz visível, em comprimento de onda de aproximadamente 468 nm, proveniente de uma lâmpada halógena de tungstênio disposta em uma caixa polimerizadora. Este comprimento de onda desencadeia a polimerização pelo componente fotoiniciador (canforoquinona) presente na composição da resina acrílica fotopolimerizável e faz a ligação com a matriz orgânica de uretanodimetacrilato (UDMA), produzindo polímeros de alto peso molecular, assemelhando-se com os compósitos utilizados em restaurações dentais diretas (ANUSAVICE, 1998).

O uretanodimetacrilato, um monômero de peso molecular semelhante ao bisfenol A glicoldimetacrilato (BisGMA), porém com menor viscosidade, pode ser utilizado sozinho ou em combinação com outros monômeros (BisGMA ou TEGDMA) (ASMUSSEN & PEUTZFELDT, 1998). Quando em combinação com BisGMA ou TEGDMA o UDMA passa a desempenhar um papel de diluente, devido a sua baixa viscosidade, conferindo maleabilidade ao material (SIDERIDOU *et al.*, 2002).

Para uma polimerização homogênea, a caixa polimerizadora apresenta quatro lâmpadas halógenas dispostas em sua parte superior e voltadas para uma mesa giratória, permitindo que o material a ser polimerizado receba luz em toda a sua superfície superior e

os fótons presentes na luz emitida são responsáveis pela ativação da canforoquinona. Assim, quanto maior a intensidade de luz emitida, maior quantidade de material resinoso é processado (RUEGGEBERG *et al,*1994). Entretanto, até o presente não há trabalhos que relacionem esta fotopolimerização com a presença da estrutura metálica de próteses parciais removíveis.

Como já é conhecido, uma polimerização inadequada pode afetar algumas propriedades do material. Por outro lado, BRAUN *et al.*, em 1998, demonstraram que a polimerização por microondas na presença do metal não interferiu na dureza e liberação de monômero residual das resinas.

Assim, considerando a falta de estudos que relacionem a presença de metal e a polimerização por luz visível, foi objeto desta pesquisa avaliar a dureza Knoop e a rugosidade superficial de resina acrílica fotopolimerizável quando em contato com metal.

2. REVISÃO DA LITERATURA

GAY & KING em 1979 avaliaram a porosidade de resina acrílica por diferentes métodos de polmerização. Foram confeccionadas quatro amostras em 3 formatos retangulares de 10 X 10 X 20 mm, 5 X 10 X 20 mm e 3 X 10 X 20 mm, e mais quatro no formato de cunha, sendo 0,5 mm a espessura mais fina e 2 mm a mais grossa e 10 X 20 mm largura e comprimento. Os métodos de polimerização da resina foram com pressão utilizando os seguintes ciclos: 10 minutos a 100ºC, 15 minutos a 75ºC, 20 minutos a 70ºC e 30 minutos a 60ºC; e sem pressão utilizando os seguintes ciclos: 30 minutos em água fervente, 45 minutos em água fervente, 1 hora em água fervente e 9 horas a 75ºC. Os autores concluíram que o único ciclo que não apresentou porosidade foi o de 9 horas a 75ºC, todos os demais ciclos com e sem pressão apresentaram porosidade.

REITZ *et al.* em 1985 avaliaram a quantidade de poros, dureza superficial e resistência transversa de uma resina acrílica termopolimerizável convencional, polimerizada por energia de microondas e por banho de água aquecida. Os autores confeccionaram 20 amostras, com 25,0 x 12,0 x 2,5 mm de dimensão e 20 amostras com maior espessura (3,0 x 1,0 x 1,0 cm). Dez amostras de cada dimensão foram polimerizadas por energia de microondas (400W, a 2,5 minutos), e as outras dez polimerizadas pelo método tradicional (165ºF por 8 horas). Depois disso, foram confeccionadas mais dez amostras espessas (3,0 x 1,0 x 1,0 cm) e polimerizadas por energia de microondas, em forno equipado com prato giratório, a 90W de potência, por 6,5 minutos. Para avaliação da porosidade, as amostras foram polidas e mergulhadas em tinta preta e repolidas. Foram

então contados os poros. Como resultado, observou-se maior quantidade de poros nas bases mais espessas, principalmente na região central. As bases mais finas, tanto aquelas polimerizadas em microondas quanto aquelas polimerizadas em banho de água não apresentaram diferença na quantidade de poros. Em relação a dureza superficial e a resistência transversa não houve diferença estatística entre os métodos utilizados para polimerização. Segundo os autores, quando da polimerização por energia de microondas, a quantidade de poros pode ser reduzida, se o tempo de polimerização for aumentado e a potência diminuída.

OGLE *et al.*, em 1986, avaliaram as propriedades físicas de contração de polimerização, resistência ao cisalhamento e resistência de união entre as resinas fotopolimerizadas e termopolimerizadas com agente de união Triad®, deflexão transversa, módulo de elasticidade, alteração dimensional horizontal e vertical. Todas as amostras e testes foram realizados segundo as especificações nº 12 da ADA. Para a contração de polimerização foi utilizado um molde metálico como descrito na especificação nº 19, seção 4.3.9 da ADA, e as mensurações foram realizadas após armazenamento das amostras em água destilada à 37°C durante um mês. Para o teste de alteração dimensional foram realizadas leituras das bases de resina acrílica em relação ao modelo metálico em cinco locais diferentes. Os autores encontraram melhores valores para a resina acrílica fotopolimerizável, sendo que esta apresentou uma resistência ao cisalhamento e de união superiores, polimerização completa sem componentes residuais, fácil fabricação e manipulação, além da facilidade de união com outras resinas para base de prótese.

ULUSOY *et al.*, em 1986, avaliaram a rugosidade superficial de uma resina acrílica autopolimerizável e de uma termopolimerizável submetidas a nove diferentes tipos de polimento. As amostras foram confeccionados com 1 cm de diâmetro da base, 1 cm de altura e com 0,5 cm do topo, onde realizou-se os polimentos e as leituras. Os métodos de polimento utilizados foram: a) gesso abrasivo; b) discos abrasivos de granulações grossa, média e fina; c) cone de feltro com pasta de pedra pomes; e d) disco de pano com branco de espanha. As amostras foram divididas em nove grupos de forma que recebessem também associações dos polimentos descritos. A rugosidade foi realizada por um rugosímetro modelo C3A após o tratamento dos grupos. Os resultados de rugosidade (Ra) mostraram que o menor valor foi obtido quando da utilização de todos os materiais para polimento, e em uma ordem decrescente de granulação, sendo que os outros grupos que não utilizaram todos os métodos de polimento apresentados, obtiveram os resultados melhores quando utilizou-se uma ordem de polimento de granulação decrescente. Quando foram comparados os valores de rugosidade das resinas acrílicas utilizadas frente ao mesmo tratamento, os pesquisadores verificaram que não houve diferença estatística. Os autores enfatizam a importância do polimento, sem negligenciar nenhuma etapa, pois isto pode influenciar diretamente na rugosidade superficial do material.

KHAN *et al.*, em 1987, avaliaram a dureza superficial, resistência transversa e potencial de manchamento da resina acrílica fotopolimerizável, comparando-as com as da resina acrílica termopolimerizável convencional para base de prótese. Oito amostras de 75 x 25 x 3 mm foram processadas para cada material, sendo que 4 foram utilizadas para o

teste de dureza superficial e estudo de manchamento e o restante para o teste de resistência transversa. Para o ensaio de manchamento foram preparadas soluções de 800ml de água destilada à 100°C e 8g de chá Lipton®. As amostras retangulares foram colocadas em solução de chá à 37°C ± 1°C e 50°C ± 1°C. Todas as amostras foram fotografadas a cada 10 dias em um período de 2 meses. O grau de manchamento foi determinado por comparação visual antes e após as imersões, por três pessoas. A dureza superficial da resina fotopolimerizável e da resina convencional foi determinada nas mesmas amostras utilizadas para o teste de manchamento, após 0, 7, 14, 24, 34 e 42 dias de imersão na solução de chá à 37°C ± 1°C. Um mínimo de seis endentações em cada uma das quatro amostras de ambos materiais foram realizados. A resistência transversa foi realizada de acordo com a especificação número 12 da ADA em amostras retangulares que foram armazenadas em água destilada por 48 horas à 37°C ± 1°C e realizado o teste em máquina para teste universal FM20, com velocidade de 20 mm/min. Os autores concluíram que a resina fotopolimerizável apresenta uma resistência transversa e dureza superficial superiores quando comparada com a resina termopolimerizada convencional. Quanto ao manchamento a resina fotopolimerizável apresentou maior manchamento em relação a resina acrílica termopolimerizável quando mantida em solução de chá à 37°C e 50°C.

A resina mais comumente utilizada na confecção de próteses é o polimetil metacrilato. A polimerização é uma reação que exige a ativação de um iniciador (peróxido de benzoíla), criando radicais livres que iniciam a reação em cadeia. Essa reação é ativada pelo calor, porém, quando o monômero atinge sua temperatura de ebulição (100,8ºC), formam-se bolhas e porosidades no interior da resina. Para evitar porosidades, a reação

deve ser conduzida de forma lenta e em baixa temperatura. De acordo com DE CLERCK, em 1987, a energia de microondas pode ser utilizada para gerar calor no interior da resina, eliminando a transferência de calor da água quente para a mufla, e posteriormente para o gesso pedra e para o modelo de gesso até atingir a massa de resina. Segundo o autor, a energia de microondas economiza tempo e custo, com a vantagem de conter menor quantidade de monômero residual e oferecer as mesmas propriedades físicas, quando comparada ao método convencional de polimerização.

TRUONG & THOMASZ, em 1988, compararam a resistência transversa, dureza superficial, sorção de água, porosidade e liberação de monômero residual de resinas acrílicas polimerizadas por água aquecida e por energia de microondas. Os autores utilizaram quatro marcas de resinas acrílicas: Trevalon, QC20®, Vertex RS® e Ivocryl®. Para o ensaio de resistência transversa, seis amostras (64mm X 10mm X 2,5mm) foram utilizadas e analisadas de acordo com "Australian Standard". Os ensaios de dureza superficial e de sorção de água foram realizados de acordo com a mesma norma. Para a porosidade, as leituras foram feitas após polimento e observadas em microscópio com aumento de 10x. Para os ensaios de monômero residual, as amostras foram imersas em acetona ou clorofórmio e a quantidade de monômero residual foi avaliada por meio de cromatografia gasosa. Como resultado, houve porosidade em todas as amostras, o que se pressupõe que seja causado pelo calor excedente da reação. Os valores de dureza superficial e resistência transversa não diferiram entre as resinas estudadas. As amostras polimerizadas pelo método tradicional apresentaram maior concentração de monômero residual.

LEVIN *et al.*, em 1989, em uma revisão bibliográfica, verificaram que as propriedades físicas de dureza, resistência transversa e porosidade das resinas acrílicas quando polimerizadas por energia de microondas são semelhantes quando da polimerização por banho de água quente. A polimerização por energia de microondas apresenta como vantagens a economia de tempo, limpeza e facilidade de manipulação. Como desvantagens, os autores citam aquelas relacionadas às muflas plásticas utilizadas neste forno, que possuem alto custo e são frágeis, podendo ocorrer fratura após a utilização das mesmas.

CURTIS *et al.*, em 1989, verificaram a resistência de união entre a resina acrílica fotopolimerizável Triad® e a resina acrílica termopolimerizável por banho de água aquecida Lucitone®, unidas por diferentes agentes de união. Cilindros da resina acrílica fotopolimerizável e autopolimerizável (controle) foram previamente confeccionados e em seguida unidas à resina termopolimerizável utilizando dois tipos de agente de união: o agente Triad®, polimerizado por luz visível, e resina fluída autopolimerizável, na proporção de 6ml de líquido e 10 ml do pó da mesma resina. Ambas foram polimerizadas por dois minutos, sendo que para a resina fotopolimerizável isto foi realizado em uma caixa com luz halógena. Para realizar a união, uma pressão de 20mmHg por 20 minutos à 45°C foi realizada sobre as amostras. Essas foram armazenadas à 37°C durante uma semana. A avaliação de resistência de união foi realizada na máquina Instron 1122, com velocidade de 5 mm/min. Os resultados para a resina fotopolimerizável variou de 5,8 MPa à 23,5 MPa, dependendo do tipo de agente utilizado. A maior força de união foi apresentada entre os cilindros de resina fotopolimerizável com agente de união fotopolimerizável, e a menor

união observada ocorreu entre a mesma resina e a termopolimerizável sem a utilização de agente de união.

ANDREOPOULOS & POLYZOIS, em 1994, compararam a resistência transversa de resinas termopolimerizável e fotopolimerizável com uma autopolimerizável (controle) e quatro resinas fotopolimerizáveis utilizadas em várias formas (pré-misturada, gel e pó-líquido). Em um total de 25 amostras de 3 x 60 x 65 mm foram confeccionadas em resina acrílica termopolimerizável (Ivoclar®) a partir de moldes em gesso seguindo os procedimentos convencionais de processamento de próteses. Outras 25 amostras com as mesmas medidas foram confeccionadas com resina fotopolimerizável (Triad®), que por adaptação, preencheu o molde de gesso, para em seguida realizar a polimerização com uma unidade de luz visível. Todas as amostras foram seccionadas ao meio com disco de papel abrasivo número 600, e acabadas com disco número 240, obtendo uma dimensão final de 2,5 x 10 x 65 mm. A seguir foram armazenadas em água destilada à 37°C durante 7 dias. As duas partes anteriormente separadas foram reposicionadas em molde de gesso mantendo-se um espaço de 3mm entre as mesmas. Este espaço foi preenchido com resina autopolimerizável a 35-40°C sob pressão de 32 psi durante 7 minutos. A resina fotopolimerizável foi também colocada nos espaços, e no caso dos reparos com gel e pré-misturada, as superfícies foram tratadas com agente de união do fabricante, e o conjunto fotopolimerizável. Os materiais de reparo foram divididos em grupos, sendo cada material um grupo distinto, que foram: Triad® (pré-misturada), Triad® (gel), Extoral® (gel), GC Unifast L C® (pó-líquido) e Novodur® (pó-líquido). As amostras foram armazenadas em água destilada à 37°C durante 7 dias. Para cada grupo foram preparadas 5 amostras. Os

autores puderam concluir que o material reparador Novodur® (autopolimerizável) foi o que apresentou os melhores valores de resistência transversa e os outros materiais, os materiais reparadores fotopolimerizáveis, apresentaram valores intermediários, mas apresentando valores muito inferiores que a resina autopolimerizável.

BOLLEN *et al.*, em 1997, em uma ampla revisão bibliográfica, compararam a rugosidade superficial de resina acrílica, com o seu limiar para retenção de placa bacteriana. Os autores, com base nesta revisão da literatura, puderam constatar que dependendo do polimento superficial que a resina acrílica recebe os valores de rugosidade variam muito, podendo até mesmo aumentar este valor caso seja utilizado lixa de granulação 400 (Ra = 0,75µm). Porém quando utilizadas partículas de diamante estes valores de rugosidade podem diminuir drasticamente (Ra = 0,03µm). Segundo os autores, para que ocorra uma aderência de microorganismos, uma rugosidade mínima de 0,2µm se faz necessária para que estes permaneçam no material, sendo que alguns fatores, como contaminação do material, adesão bacteriana inicial, fixação bacteriana e colonização superficial, são contribuintes para esta adesão.

ASMUSSEN & PEUTZFELDT (1998) avaliaram o efeito do uretanodimetacrilato (UDMA), bisfenol A glicoldimetacrilato (BisGMA) e trietilenoglicoldimetacrilato (TEGDMA). Trinta misturas de TEGDMA e BisGMA e/ou UEDMA foram realizadas. Cinco misturas básicas foram realizadas entre TEGDMA e BisGMA (Molar): 30:70, 40:60, 50:50, 60:40 e 70:30. As misturas de monômero de BisGMA foram substituídas gradativamente por UEDMA a 10 MOL% por vez. As resinas foram fotopolimerizadas e

após 1 semana realizados os testes de resistência a tensão diametral, resistência flexural e módulo de elasticidade. Os resultados obtidos foram que a resistência a tensão diametral dos compósitos resinosos variaram entre 52 e 59 MPa, a resistência flexural entre 137 e 167 MPa, e o módulo de elasticidade entre 8,0 e 11,1 GPa. A análise estatística mostrou que a substituição de BisGMA ou TEGDMA por UEDMA resultou em um aumento na resistência a tensão diametral e resistência flexural, e que a substituição de BisGMA por TEGDMA aumentou a tensão diametral, mas reduziu a resistência flexural. O módulo de elasticidade teve um aumento máximo com a diminuição do conteúdo de UEDMA. Os autores concluem que a relação entre os monômeros estudados teve um efeito significante nas propriedades mecânicas das resinas compostas. Uma combinação específica entre os materiais pode possibilitar o desenvolvimento de compósitos com propriedades desejáveis para aplicações específicas.

BRAUN *et al*., em 1998, avaliaram a efetividade da polimerização em microondas quando a resina acrílica continha estrutura metálica em seu interior. Para tanto, foram confeccionadas 36 amostras cilíndricas, medindo 30,0mm de diâmetro e 4,0mm de espessura, contendo no seu interior uma grade metálica. As resinas utilizadas no estudo foram: Acron MC® (resina para microondas) e Clássico® (resina termopolimerizável convencional). Estas amostras foram divididas em três grupos: a) o primeiro foi composto de amostras confeccionadas com resina polimerizada em banho de água quente; b) o segundo com resina polimerizada em microondas; e c) o terceiro grupo com resina termopolimerizável tradicional polimerizada no microondas. Foram analisadas a dureza superficial, a quantidade de poros e nível de monômero residual. A dureza superficial

Knoop foi avaliada em microdurômetro Shimadzu modelo 2000, sendo realizadas cinco penetrações com carga de 25g por 10 segundos para cada lado da sela metálica nas distâncias de 50, 100, 200, 400 e 800μm. A contagem de poros foi avaliada através de dois métodos: a olho nu e com o uso do microscópio mensurador Shimadzu modelo 2000 com aumento de 100X, em uma área de 24 mm^2. Para a determinação do monômero residual foi utilizado o método da espectrofotometria. Os autores concluíram que a presença do metal não afetou a polimerização das resinas com o uso de microondas e, ambas as resinas que foram polimerizadas através de energia de microondas, apresentaram valores de dureza superficial adequados e menores conteúdos de monômero residual, e a resina convencional, quando polimerizada através de energia de microondas apresenta maior número de poros.

BORCHERS *et al.* em 1999 examinaram a rugosidade superficial de resinas acrílicas depois de terem sido polidos ou cobertos com diferentes tipos de vernizes. Um total de 360 amostras cilíndricas foram realizadas com 9 marcas de resina. Uma superfície de cada amostra foi aplainada e polida com torno para polimento ou coberto com 1 dos 9 tipos de vernizes. Uma parte das amostras foi realizado ciclagem térmica (5ºC – 55ºC, 2000 ciclos). A superfície foi avaliada em perfilômetro e por exame em microscopia eletrônica de varredura. Amostras polidas apresentaram diferença estatística entre as resinas ($p < 0,05$). Os tipos de vernizes utilizados promoveram rugosidade entre 0,4 e 4,6 μm. A ciclagem térmica não influenciou estatisticamente na qualidade superficial das amostras.

RUEGGEBERG *et al.*, (1994) investigaram a interdependência da duração de exposição e a intensidade de luz na polimerização de resinas compostas restauradoras. Um total de 768 amostras foram confeccionadas, sendo distribuídas em 4 camadas de polimerização (superfície, 1 mm, 2 mm e 3 mm de profundidade), 4 intensidades de luz (800 mW/cm^2, 578 mW/cm^2, 400 mW/cm^2 e 233 mW/cm^2) e 4 tempos de exposição a luz (20, 40, 60 e 80 segundos). Após a polimerização das amostras, foi determinado o grau de polimerização das mesmas por meio de espectroscopia infravermelha. Os autores obtiveram resultados em que espessura maior que 2 mm houve uma deficiência na polimerização do material, e esta polimerização é susceptível a mudanças na intensidade e tempo de exposição. Os autores puderam concluir que um tempo de exposição de 60 segundos é recomendado para intensidade de luz menor que 400 mW/cm^2, e a espessura de material não pode exceder 2 mm, sendo o ideal uma camada de 1 mm. Intensidade de luz menor que 233 mW/cm^2 deve ser evitado por não ocorrer uma polimerização eficiente nos tempos estudados.

SIDERIDOU *et al.* (2002) avaliaram a fotopolimerização dos monômeros: bisfenol A glicoldimetacrilato (BisGMA), bisfenol A etoxilatodimetacrilato (BisEMA), uretanodimetacrilato (UDMA) e trietilenoglicoldimetacrilato (TEGDMA) com o sistema iniciador canforoquinona/N,N-dimetilaminoetil metacrilato, em espectrofotômetro. Nove misturas entre os monômeros foram realizadas, adicionando o sistema iniciador e matriz inorgânica. Os resultados obtidos mostraram um maior grau de polimerização do TEGDMA, seguido pelo UDMA, Bis EMA e BisGMA.

3. PROPOSIÇÃO

O propósito deste trabalho foi:

1) Avaliar a dureza Knoop quando em contato com metal e a rugosidade de superfície de uma resina acrílica polimerizada por luz visível;

2) Comparar estas propriedades com aquelas da resina acrílica para polimerização por energia de microondas, e resina acrílica processada pelo método convencional do banho de água quente.

4. MATERIAL E MÉTODOS

As resinas acrílicas utilizadas neste estudo estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Resinas acrílicas utilizadas no estudo.

Resina Acrílica	Método de Polimerização	Composição	Fabricante
Onda-Cryl®	Energia de microondas	**Pó**: Co-polímero, dibutil e peróxido de benzoíla; **Líquido**: metil-metacrilato; Topanol e etileno glicol dimetacrilato.	Clássico, Artigos Odontológicos Ltda.
Triad®	Luz visível	Uretanodimetacrilato; canforoquinona; sílica microfina; resina acrílica monomérica de alto peso molecular e pérolas de resina acrílica.	Dentsply International, Inc.
Clássico®	Banho de água aquecida	**Pó**: Co-polímero, dibutil e peróxido de benzoíla; **Líquido**: metil-metacrilato; Topanol e etileno glicol dimetacrilato	Clássico, Artigos Odontológicos Ltda.

4.1 – Confecção dos corpos-de-prova

Para a confecção dos corpos-de-prova foram utilizadas matrizes cilíndricas de silicone de condensação densa (Optosil P Plus®, Heraeus Kulzer, Hanau, Alemanha) com as seguintes dimensões: 30,0 $\pm$ 0,05mm de diâmetro e 4,0 $\pm$ 0,05mm de espessura. Estas matrizes foram obtidas a partir de moldes de matriz acrílica com as respectivas medidas, cujo silicone foi proporcionado e manipulado de acordo com as instruções do fabricante, e

imediatamente acomodado nestes moldes, sendo em seguida o conjunto prensado em prensa hidráulica de bancada PM 2000® (Delta Máquinas Especiais, Vinhedo, Brasil), com 0,5 tonelada.

As matrizes de silicone foram então incluídas em gesso utilizando-se muflas metálicas ou plásticas, de acordo com o método de polimerização.

Para tanto, as muflas foram isoladas com vaselina sólida (Sidepal Industrial e Comercial Ltda, Guarulhos, Brasil) e as respectivas bases foram preenchidas com gesso pedra tipo III (Herodent®, Vigodent S. A. Indústria e Comércio, Rio de Janeiro, Brasil) na proporção de 100g/30mL de água. A mistura foi espatulada em um aparelho a vácuo (Polidental Ind. e Com. Ltda., São Paulo, Brasil) por 40 seg. Após a presa do gesso, o mesmo foi planificado com lixa de óxido de alumínio de granulação 320 e isolado com vaselina sólida (Sidepal Industrial e Comercial Ltda, Guarulhos, Brasil) aplicada com um pincel macio. Três matrizes de silicone foram posicionadas sobre a parte inferior e em seguida a parte superior de cada mufla foi preenchida também com gesso pedra tipo III.

Cada mufla foi prensada em prensa hidráulica PM 2000® (Delta Máquinas Especiais, Vinhedo, Brasil) até que as duas partes da mesma se encontrassem e assim mantidas até a presa final do gesso. Após a presa, a mufla foi aberta e as matrizes retiradas (Figura 1). A limpeza da mufla foi realizada com água, detergente neutro e escova macia, obtendo-se dessa forma as cavidades do molde para confecção dos corpos-de-prova.

Figura 1 – Aspecto da mufla imediatamente após a abertura e a retirada de uma matriz, com a cavidade do molde em gesso pedra.

4.1.1 – Confecção das barras metálicas

As barras metálicas foram confeccionadas com a liga de cobalto-cromo (Co-Cr) (Degussa, Hanau, Alemanha) a partir do enceramento de três matrizes em cera para fundição, com as seguintes dimensões: 28,00 mm X 8,00mm X 0,5mm, que foram unidas com os condutos de alimentação. Este conjunto foi posicionado no anel metálico para fundição e incluído em revestimento para fundição de cobalto-cromo (Refradent®, Knebell Produtos Dentários Ltda., Porto Alegre, Brasil) na proporção de 100 gramas de pó para 20 ml de líquido e espatulado à vácuo durante 1 minuto.

Este anel de revestimento foi colocado em forno a gás para realizar o ciclo da cera perdida, com temperatura máxima de 1200ºC por 3 horas, quando foi realizada a fundição da liga metálica por meio de injeção em centrífuga. A fundição da liga ocorreu com gás oxigênio (3 PSI) e gás butano (1,5 PSI).

As barras (Figura 2) foram então jateadas com óxido de alumínio e separadas dos condutos de alimentação com disco de carborundum. O acabamento e polimento foram realizados utilizando-se inicialmente disco de corte cut-off, pedras abrasivas (grossa, média e fina), polimento eletrolítico, borrachas abrasivas (roda e ponta) e rouge para auto brilho.

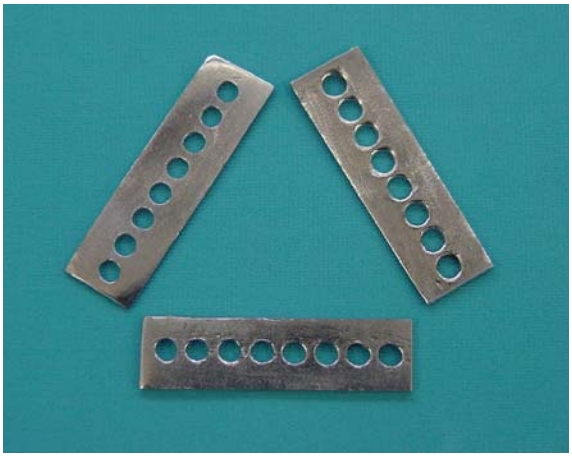


Figura 2 – Barras metálicas acabadas e polidas.

4.1.2 – Prensagem e polimerização da resina acrílica

Os moldes de gesso foram isolados com isolante para resina acrílica (Al-Cote®, Dentsply Ltda., Petrópolis, Brasil) e as barras metálicas posicionadas no centro de cada molde (Figura 3) e fixadas com auxílio de uma cola de cianoacrilato (Super Bonder®, Henkel Loctite Adesivos Ltda., Itapevi, Brasil). A seguir as resinas termopolimerizáveis foram proporcionadas e manipuladas de acordo com as recomendações dos respectivos fabricantes, e na fase plástica foram inseridas nos moldes, até seu preenchimento total.

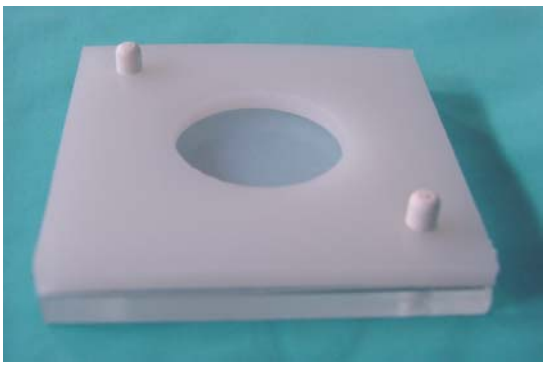
Figura 3 – Mufla com as barra metálicas fixadas
nos respectivos moldes de gesso.

Posteriormente, as partes superiores e inferiores das muflas foram encaixadas e o conjunto novamente levado à prensa hidráulica PM 2000® (Delta Máquinas Especiais, Vinhedo, Brasil), sob pressão de 1,25 toneladas até a estabilização da pressão, para que fosse garantida a justa posição das duas partes da mufla. Decorrido este período de tempo as muflas plásticas foram parafusadas e mantidas em repouso sobre bancada durante 30 minutos. A seguir foram levadas ao forno de microondas AW-42® de 900W (Continental, Hortolândia, Brasil), com prato giratório, à 40% de potência durante três minutos, pausa durante quatro minutos, e à 90% de potência durante três minutos. As muflas metálicas permaneceram na prensa hidráulica durante 10 minutos e a seguir transferidas para prensa de mola e colocadas em polimerizadora Termotron P-100® (Termotron do Brasil Ltda., São Paulo, Brasil), à temperatura de 75°C durante 9 horas (GAY & KING, 1979).

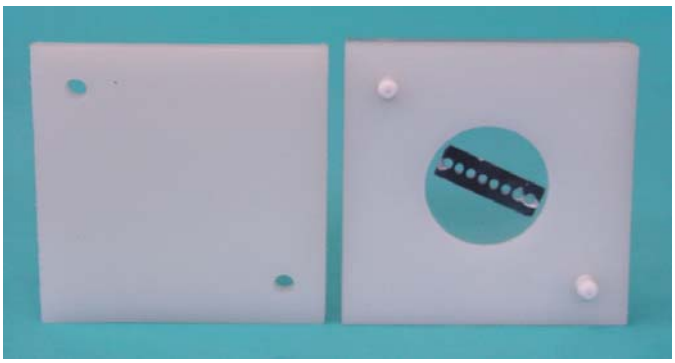
Após o processo de polimerização as muflas permaneceram sobre bancada para o seu resfriamento até temperatura ambiente e então suas partes foram separadas e as amostras desincluídas.

Para a polimerização da resina acrílica fotopolimerizável (Figura 4) uma matriz especial, constituída de uma base de acrílico transparente, uma lâmina de acetato, e uma parte intermediária de tecnil que contêm o molde com as dimensões de 30,0 ± 0,05mm de diâmetro e 4,0 ± 0,05mm de altura (Figura 5a), e de uma tampa lisa, também de tecnil, foi confeccionada (Figura 5b).

Figura 4 – Resina acrílica fotopolimerizável Triad®.



(a)



(b)

Figura 5a e 5b – Matriz acrílica para a polimerização da resina acrílica fotopolimerizável

Neste molde, a barra metálica foi posicionada (Figura 5b) e a lâmina de resina acrílica fotopolimerizável Triad® (Figura 4) foi recortada e acomodada digitalmente com

luva até o preenchimento total do mesmo, como indica o fabricante. Sobre esta base preenchida foi encaixada a tampa de modo que o conjunto ficasse perfeitamente adaptado para a planificação do material. Em seguida esta tampa foi retirada, o excesso de resina removido e a base levada a uma caixa polimerizadora por luz visível equipado com 4 lâmpadas halôgenas de 75W de potência cada (EDG LUX - Master®, EDG equipamentos e controles Ltda., São Carlos, Brasil) durante 6 minutos (Figura 6). Após este período de polimerização as amostras foram retiradas da matriz.

Figura 6 – Caixa de luz para fotopolimerização da resina acrílica Triad®.

4.1.3 – Acabamento e polimento dos corpos-de-prova

O acabamento dos corpos-de-prova foi realizado com lixas de óxido de alumínio em granulações decrescentes 320, 400, 600 e 1000 sob refrigeração com água em politriz (APL-4, Arotec, Cotia, Brasil) (Figura 7), respeitando os limites das medidas estabelecidas (30,0 $\pm$ 0,05mm de diâmetro e 4,0 $\pm$ 0,05mm de espessura), aferidas por um paquímetro

digital (Mauser Jr.) com precisão de 0,01 mm. O polimento foi realizado com partículas de diamante de 1μm, em disco de feltro, na mesma politriz.

Posteriormente, os corpos-de-prova foram imersos em água destilada e limpos em ultra-som durante dois minutos (Figura 8).

Figura 7 - Politriz APL-4 utilizada para acabamento e polimento dos corpos de prova.

Figura 8 – Vista superior do corpo-de-prova acabado e polido da resina Onda-Cryl®.

Desta forma foram confeccionados 12 corpos-de-prova para cada grupo, de acordo com o tipo de resina acrílica utilizada:

- Grupo 1: resina acrílica Onda-Cryl® polimerizada por energia de microondas;
- Grupo 2: resina acrílica Triad® polimerizada por luz visível;
- Grupo 3: resina acrílica Clássico® polimerizada por banho de água aquecida.

Estes corpos-de-prova foram armazenados em água destilada a 37°C durante 12 horas e a seguir realizadas as leituras de rugosidade e dureza superficiais. Este tempo foi estabelecido por conveniência para as leituras ocorrerem após os mesmos períodos pós polimerização.

4.2 – Avaliação da rugosidade superficial

A rugosidade foi verificada na superfície polida da resina acrílica apenas de um dos lados do metal, utilizando para isso o rugosímetro SURFCORDER SE 1700 (KOSAKA, Jp.) (Figura 9 e 10), onde foram realizadas três leituras distintas (Figura 11), com comprimento de onda de 0,8mm, pré-leitura de 0,5mm, percurso de medição de 3,2mm e velocidade de 0,5mm/s, e calculada uma média.

Figura 9 – Rugosímetro Surfcorder SE 1700 utilizado no estudo.

Figura 10 – Leitura da rugosidade superficial da resina acrílica.

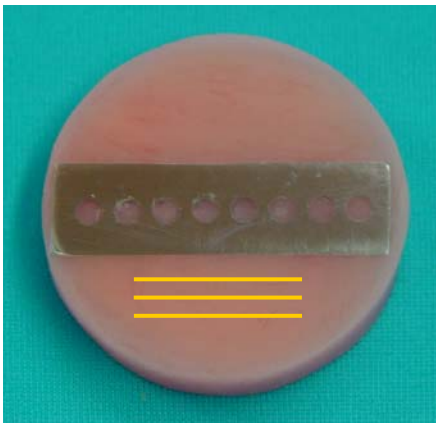


Figura 11 – Localização das regiões onde foram realizadas as leituras de rugosidade superficial.

4.3 – Avaliação da dureza Knoop superficial

A dureza superficial das amostras foi avaliada na mesma superfície polida em que foi realizada a rugosidade, porém em lado oposto em relação ao metal, em microdurômetro Shimadzu modelo HMV-2000 (Figura 12 e 13), determinando a dureza Knoop nas distâncias de 50, 100, 200, 400 e 800 μm da borda do metal, sendo realizadas cinco penetrações para cada distância (Figura 14), com carga de 25gramas por 10 segundos na resina acrílica. O resultado foi expresso pela média das leituras realizadas. As leituras de dureza foram realizadas apenas de um lado da amostra para que não houvesse interferências nas leituras de rugosidade. Esta decisão foi tomada após obtenção dos resultados de estudo piloto.

Figura 12 – Microdurômetro Shimadzu, modelo HMV-2000, utilizado no estudo.

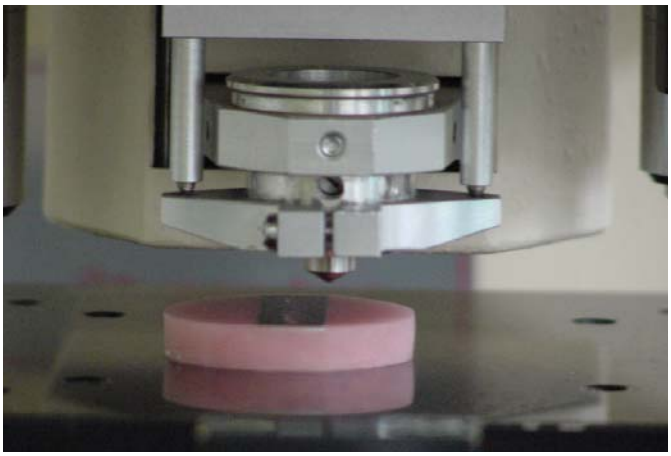


Figura 13 – Realização do teste de microdureza na resina acrílica.

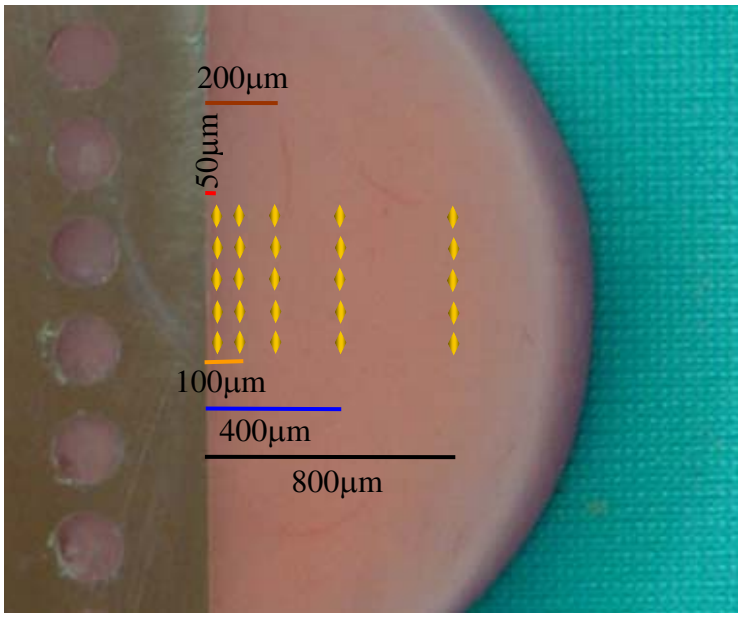


Figura 14 – Localização das demarcações para o ensaio de dureza superficial.

4.4 – Análise estatística

Para a análise estatística da variável rugosidade foram considerados os tratamentos (resinas acrílicas) utilizados no experimento. As análises iniciais de homocedasticidade (homogeneidade de variâncias) mostrou uma diferença substancial na variação entre os grupos 1 e 3 e entre os grupos 2 e 3, além de presença de *outliers*. Desta forma passou-se a transformação logarítmica dos dados o que apresentou uma melhora significante na homocedasticidade. Em seguida realizou-se a análise de variância, utilizando o delineamento inteiramente casualisado, com 3 tratamentos (grupos) e 12 repetições em cada tratamento, totalizando 36 parcelas para a variável rugosidade. Após verificar diferença entre os tratamentos pela análise de variância procederam-se as comparações múltiplas, utilizando o teste de Tukey e o teste t.

A análise estatística da variável dureza Knoop foi realizado utilizando a análise de variância no esquema fatorial completo, com dois fatores, grupos (com 3 níveis) e distâncias (com 5 níveis), no delineamento inteiramente casualizado. Posteriormente aplicou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de significância (α=0,05), para os grupos.

Para a variável distância foi realizado o teste de Kruskal-Wallis, que foi utilizado a diferença entre os valores originais e as médias de cada distância.

5. RESULTADOS

Os resultados obtidos para as variáveis estudadas após a realização dos ensaios estão apresentados no Capítulo Anexo.

As tabelas e figuras a seguir ilustram os resultados após a realização da análise estatística.

5.1 – Rugosidade superficial

Na Tabela 2 e Figura 15 estão demonstrados os resultados obtidos com relação à rugosidade superficial das resinas acrílicas.

Tabela 2 – Médias e desvios padrão da rugosidade superficial (µm) das resinas acrílicas.

Tratamentos	Média	DP
Grupo 1 (Resina Onda-Cryl®)	0,057 a	± 0,005
Grupo 2 (Resina Triad®)	0,114 b	± 0,015
Grupo 3 (Resina Clássico®)	0,055 a	± 0,007

Médias seguidas de letras distintas apresentam diferenças estatísticas ($p < 0,05$).

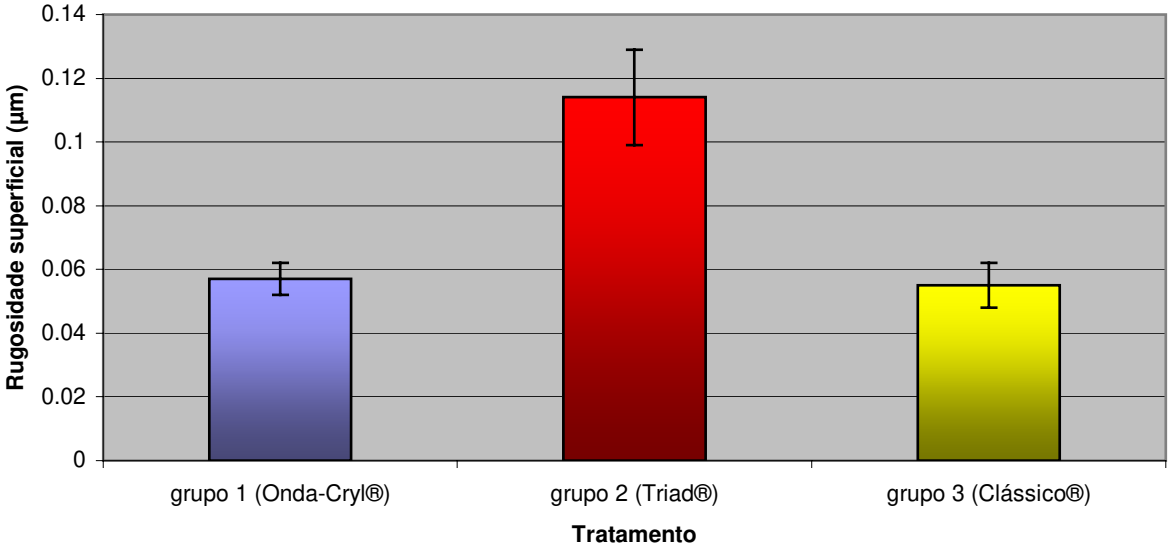


Figura 15 – Representação gráfica das médias e desvios-padrão da rugosidade superficial (µm) das resinas acrílicas.

Pode-se observar na Tabela 2 e Figura 15 que o grupo 2 (resina acrílica fotopolimerizável) apresentou diferença estatística significante ($p < 0,05$) dos grupos 1 e 3 (resina acrílica microondas; resina acrílica convencional), obtendo uma maior média de rugosidade.

5.2 – Dureza superficial

A seguir estão apresentados os dados referentes à dureza Knoop superficial das resinas acrílicas nas diferentes distâncias do metal.

Tabela 3 – Médias e desvios padrão da dureza Knoop (Kg/mm^2) da resinas acrílicas nas diferentes distâncias do metal.

Grupo	Distância				
	50 µm	100 µm	200 µm	400 µm	800 µm
Grupo 1	16,78 ± 1,85aA	17,16 ± 2,62aA	17,29 ± 2,27aA	17,87 ± 1,59aA	17,98 ± 1,70aA
Grupo 2	20,20 ± 1,22bA	20,96 ± 1,09bA	20,88 ± 1,16bA	21,01 ± 1,08bA	21,44 ± 1,09bA
Grupo 3	17,07 ± 1,79aA	17,06 ± 1,10aA	17,21 ± 0,93aA	17,78 ± 0,97aA	17,96 ± 0,83aA

Médias seguidas de diferentes letras minúsculas indicam diferenças entre os grupos ($p < 0,05$) e as letras maiúsculas indicam diferenças entre as distânicas ($p < 0,05$).

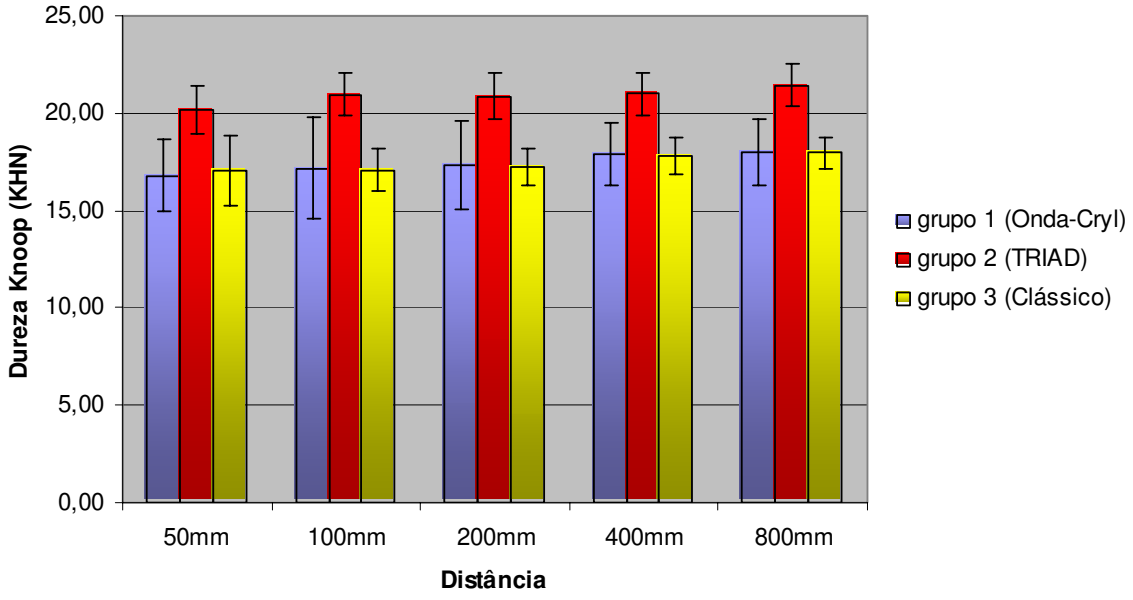


Figura 16 – Representação gráfica das médias e desvios-padrão da dureza Knoop (Kg/mm^2) das resinas acrílicas em cada distância estudada.

De acordo com a Tabela 3 pode-se observar um maior valor de dureza Knoop para o grupo 2, referente à resina acrílica fotopolimerizável, em todas as distâncias estudadas,

sendo que esta diferença foi estatisticamente significante em relação aos grupos 1 e 3, ao nível de 5%. Esta diferença pode ser melhor visualizada na Figura 16.

Para as distâncias dentro de cada grupo não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes, como pode ser observado na Tabela 3 e Figura 16.

6. DISCUSSÃO

A polimerização de próteses por meio de luz é uma técnica diferente de processamento da resina acrílica, que foi elaborada para facilitar os procedimentos clínicos e/ou laboratoriais. Esta técnica foi primeiramente descrita em 1986 por OGLE *et al.*, para processamento de bases de próteses totais, onde após a sessão clínica de prova estética e funcional, os dentes artificiais são removidos da cera, e esta é removida do modelo de gesso. A seguir, uma camada de resina acrílica fotoativada é adaptada sobre o modelo de gesso, os dentes artificiais recolocados na posição anteriormente designados, e a polimerização da resina acrílica é realizada em caixa polimerizadora por meio de luz. Posteriormente a prótese é acabada e polida da maneira convencional.

Portanto, esta técnica é considerada rápida por dispensar as fases de inclusão em gesso, entretanto pouco se conhece sobre os efeitos que uma liga metálica pode causar sobre a dureza e rugosidade desta resina quando do processamento de uma prótese parcial removível.

Os resultados de rugosidade superficial do presente estudo demonstraram que houve diferença significante ($p < 0,05$), para o grupo 2 (resina acrílica fotopolimerizável) que apresentou o maior valor em relação aos demais grupos estudados (Tabela 2 e Figura 15). O valor elevado de rugosidade apresentado pela resina fotopolimerizável, provavelmente é devido a quantidade de componente inorgânico presente neste material (partículas de sílica), e que não fazem parte da composição das resinas acrílicas termopolimerizáveis. Estes componentes inorgânicos provavelmente se tornaram expostos durante o polimento,

apresentando limites entre a matriz orgânica e as cargas inorgânicas, que supostamente levaram a maior rugosidade superficial.

Os dados de rugosidade de superfície dos grupos 1 e 3 não diferiram estatisticamente ($p > 0,05$), provavelmente devido a composição das resinas acrílicas, tanto do pó quanto do líquido, serem iguais. Segundo BORCHERS *et al.* (1999) resinas sem componentes inorgânicos apresentam uma tendência em diminuir a rugosidade com o aumento em peso de moléculas de componentes metacrilato, sendo que os materiais compostos de metacrilatos melhoram a rugosidade do material. Isto provavelmente por deixar mais compacta a massa de resina, facilitando o polimento final.

Os valores de rugosidade das resinas termopolimerizáveis (Onda-Cryl® e Clássico®) obtidas neste experimento (Tabela 2 e Figura 15) discordam dos achados de ULUSOY *et al.* (1986) que avaliaram uma resina acrílica termopolimerizável (Quick Rodex®, B.D.P. Industry) e uma quimicamente processada (Vertex®, Dentimex) sob diversos tipos de polimento. Estes autores obtiveram valores de rugosidade em torno de 0,31 µm, quando da utilização de uma associação de métodos de polimento, onde o material de menor granulação utilizado foi o branco de espanha aplicado com disco de pano. No presente estudo, o polimento das amostras foi realizado tendo como material de menor granulação as partículas de diamante de 1 µm, utilizadas com disco de feltro em politriz, tendo como conseqüência um menor valor de rugosidade superficial que o encontrado no trabalho de ULUSOY *et al.* (1986).

Segundo BOLLEN *et al.* (1997) o limite de rugosidade clinicamente aceitável para que não ocorra o acúmulo de placa bacteriana é de 0,2 µm, sendo que estes mesmos autores quando utilizando o polimento com partículas de diamante de 1 µm verificaram valores de

rugosidade menores (Ra = 0,03 µm) que os obtidos neste experimento, mas que ainda encontra-se dentro dos valores aceitáveis (Tabela 2 e Figura 15).

Com relação à dureza Knoop pode se verificar que a resina acrílica fotopolimerizável apresentou os maiores valores em relação às demais (Tabela 3 e Figura 16). Estes resultados concordam com os achados de KHAN *et al.* (1987), que compararam a dureza Knoop da resina Triad® (Dentsply Inc.) e da resina acrílica convencional Estron® (Teledyne Getz), obtendo um maior valor para a resina Triad® (18,93 Kg/mm^2), em relação à resina convencional (16,86 Kg/mm^2).

Este elevado valor de dureza da resina fotopolimerizável provavelmente possa ser explicado pela presença de carga inorgânica no material (OGLE *et al.*, 1986), o que pode conferir um aumento na resistência à endentação do diamante utilizado no microdurômetro (ANUSAVICE, 1998), uma vez que as partículas inorgânicas (sílica) ficam entremeadas no polímero após a reação de polimerização (OGLE *et al.*, 1986). Já as resinas termopolimerizáveis (Onda-Cryl® e Clássico®), que não apresentam estas partículas inorgânicas em sua composição, apresentam valores de dureza superficial menores.

No que se refere às distâncias estudadas em relação ao metal (Tabela 3 e Figura 16), os resultados demonstraram que não houve diferenças estatísticas significantes ($p > 0,05$) para todos os materiais estudados, mantendo-se um mesmo padrão de dureza nas distâncias de 50, 100, 200, 400 e 800 µm do metal.

Quando se comparam os resultados do presente estudo com os obtidos por KHAN *et al.* (1987), que realizaram o teste de dureza superficial para a resina acrílica fotopolimerizável, verifica-se que os valores são maiores dos que os encontrados por este estudo (Tabela 3 e Figura 16). Isto pode ser explicado por fatores tais como tempo de

exposição, distância da amostra e intensidade da fonte luminosa (RUEGGEBERG *et al.,* 1994) e características inerentes ao próprio aparelho. Esta ausência de diferença entre as distâncias analisadas provavelmente se deve à uniformidade na emissão de luz dentro da caixa para fotopolimerização, além da não influência do metal durante a polimerização do material, pelo possível calor transmitido à resina.

Estes achados são semelhantes ao trabalho de BRAUN *et al.* (1998), em que avaliaram e compararam a dureza Knoop superficial, em distâncias pré-determinadas de uma sela metálica, das resinas acrílicas Clássico® (Clássico) e Acron® (G. C. Dental Ind. Corp.), sendo que estas foram polimerizadas pelo banho de água aquecida e por energia de microondas. Os valores obtidos para a dureza Knoop sugerem que o metal não interferiu na polimerização das resinas acrílicas em todas as distâncias avaliadas (50, 100, 200, 400 e 800 µm). O mesmo foi observado para a resina acrílica fotopolimerizável Triad® que não sofreu interferência da energia refletida e transmitida do metal à resina, nestas mesmas distâncias estudadas, apresentando características de dureza superficial aceitáveis clinicamente (ANUSAVICE, 1998).

A carência de estudos e a falta de informações por parte do fabricante sobre a composição da resina acrílica fotopolimerizável, bem como a função de cada componente e como se relacionam, prejudicam a discussão dos resultados no sentido de esclarecer o comportamento da rugosidade e da dureza Knoop.

Desta forma a resina acrílica fotopolimerizável Triad® apresenta-se como sendo um material com qualidades clínicas aceitáveis nas propriedades já estudadas, porém necessita de maiores investigações quanto a sua fotopolimerização, principalmente quando utilizado diretamente no meio bucal e o comportamento deste quando utilizado produtos para

higienização por parte do paciente. No que se refere a técnica de confecção de próteses removíveis ainda se faz necessário um treinamento técnico-laboratorial entre profissionais, para que este material ainda possa ser utilizado em larga escala.

7. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos no estudo, pode-se concluir que:

1. A presença de metal não interfere na dureza Knoop da resina acrílica fotopolimerizável;
2. A resina acrílica fotopolimerizável apresenta as propriedades físicas de dureza e rugosidade superficiais maiores que as resinas acrílicas termopolimerizáveis.

REFERÊNCIAS*

Andreopoulos AG, Polyzois GL. Repair of denture base resins using visible light-cured materials. ***J Prosthet Den.,*** 1994; 72: 462 – 8.

Anusavice KJ. ***Materiais Dentários***. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A.; 1998. p. 125 - 39.

Asmussen E, Peutzfeldt A. Influence of UEDMA, BisGMA and TEGDMA on selected mechanical properties of experimental resin composites. ***Dent Mater***. 1998; 14: 51 – 6.

Bollen CML, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. ***Dent Mater.*** 1997; 13: 258 – 69.

Borchers L, Tavassol F, Tschernitschek H. Surface quality achieved by polishing and by varnishing of temporary crown and fixed partial denture resins. ***J Prosthet Den***. 1999; 82 (5): 550 – 6.

---

* De acordo com a norma da UNICAMP/FOP, baseada no modelo Vancouver. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o Medline.

Braun KO, Del Bel Cury AA, Cury JA. Avaliação *in vitro* da efetividade de polimerização da resina acrílica dental polimerizada através de energia de microondas, quando em contato com metal. ***Rev Odontol Univ São Paulo***. 1998; 12 (2): 173 – 80.

Curtis DA, Eggleston TL, Marshall SJ, Watanabe LG. Shear bond strength of visible-light-cured resin relative to heat-cured resin. ***Dent Mater.*** 1989; 5 (7): 314 – 8.

De Clerck JP. Microwave polymerization of acrylic resins used in dental prostheses. ***J Prosthet Dent.*** 1987; 57 (5): 650 – 8.

Gay WD, King GE. An evaluation of the cure of acrylic resin by three methods. ***J Prosthet Dent***. 1979; 62 (4): 437 – 40.

Khan Z, Von Fraunhofer JA, Razavi R. The staining characteristics, transverse strength, and microhardness of a visible light-cured denture base material. ***J Prosthet Dent.*** 1987; 57 (3): 384 – 6.

Levin B, Sanders JL, Reitz PV. The use of microwave energy for processing acrylic resins. ***J Prosthet Dent***. 1989; 61 (3): 381 – 3.

Ogle RE, Sorensen SE, Lewis EA. A new visible light-cured resin system applied to removable prosthodontics. ***J Prosthet Dent.*** 1986; 56 (4): 497 – 506.

Reitz PV, Sanders JL, Levin B. The curing of denture acrylic resins by microwave energy. Physical properties. ***Quintessence Int.*** 1985; 6 (8): 547 – 51.

Rueggeberg FA, Coughman WF, Curtis Jr JW. Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. ***Oper Dent.***1994; 19: 26 – 32.

Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. ***Biomateria***.2002; 23: 1819 – 29.

Truong VT, Thomasz FGV. Comparison of denture acrylic resins cured by boiling water and microwave energy. ***Aust Dent J***. 1988; 33 (3): 201 – 4.

Ulusoy M, Ulusoy N, Aydin AK. An evaluation of polishing techniques on surface roughness of acrylic resins. ***J Prosthet Dent.*** 1986; 56 (1): 107 – 12.

ANEXO I

Os resultados das distâncias 50, 100, 200, 400 e 800 µm, e da rugosidade superficial estão apresentados nas tabelas seguintes.

Nas tabelas 4, 5, 6, 7 e 8 estão apresentados os valores de dureza Knoop da resina acrílica termopolimerizada em forno de microondas, de acordo com as distâncias avaliadas.

Tabela 4 – Avaliação da dureza Knoop na resina acrílica termopolimerizável em microondas na distância de 50 µm.

Amostra	Dureza 1	Dureza 2	Dureza 3	Dureza 4	Dureza 5	Média
3	16,4	15	16,7	14,5	15,6	15,64
7	14,5	15,2	14,5	15	14,8	14,8
9	15	15,2	15,8	14,8	15,2	15,2
10	15,2	15	13,8	13,8	15,8	14,72
13	17,8	17,6	17,8	18,9	18,4	18,1
16	21,2	20,3	20	20	20,3	20,36
21	14,5	14,8	15	15,6	14,5	14,88
23	17,2	16	17,1	15,4	15,8	16,3
29	17,8	16,9	17,6	18,4	17,4	17,62
31	18,4	19,7	20,6	18,6	18,6	19,18
32	17,6	18,4	17,1	17,8	17,8	17,74
35	16,7	16,9	16,9	16,7	16,7	16,78
						16,78

Tabela 5 – Avaliação da dureza Knoop na resina acrílica termopolimerizável em microondas na distância de 100 µm.

Amostra	Dureza 1	Dureza 2	Dureza 3	Dureza 4	Dureza 5	Média
3	13,6	14,1	14,2	13,9	15	14,16
7	14,8	14,1	13,9	15	14,1	14,38
9	14,1	12,5	12,2	13,1	12,5	12,88
10	16,2	16,2	17,1	16,2	15,4	16,22
13	19,7	18,9	19,2	18,6	20	19,28
16	21,6	20,3	19,7	20,2	21,2	20,6
21	14,8	15	15	15	15,4	15,04
23	18,9	18,4	19,7	20	20,2	19,44
29	17,4	17,8	17,4	18,1	17,6	17,66
31	19,7	21,2	21,6	21,2	19,7	20,68
32	17,4	18,1	17,8	17,8	17,8	17,78
35	17,6	17,8	18,1	17,4	18,1	17,8
						17,16

Tabela 6 – Avaliação da dureza Knoop na resina acrílica termopolimerizável em microondas na distância de 200 µm.

Amostra	Dureza 1	Dureza 2	Dureza 3	Dureza 4	Dureza 5	Média
3	15,8	15,6	15,2	15	15,8	15,48
7	13,9	14,5	13,9	13,8	15,2	14,26
9	14,3	13,8	13,6	12,8	14,8	13,86
10	16,4	16,4	17,1	17,4	16,7	16,8
13	18,9	18,6	17,8	19,2	19,4	18,78
16	20,9	20,9	20	21,2	20,6	20,72
21	15,4	14,8	13,8	13,9	15,2	14,62
23	20	18,9	19,7	18,4	18,4	19,08
29	18,9	17,6	18,1	17,4	17,6	17,92
31	18,6	18,9	20,3	20,6	19,7	19,62
32	17,8	18,1	17,6	17,8	17,4	17,74
35	18,9	18,1	17,6	18,9	19,7	18,64
						17,29

Tabela 7 – Avaliação da dureza Knoop na resina acrílica termopolimerizável em microondas na distância de 400 µm.

Amostra	Dureza 1	Dureza 2	Dureza 3	Dureza 4	Dureza 5	Média
3	16,4	17,1	16,9	17,1	16,9	16,88
7	15,8	15,8	15,2	16,9	15,4	15,82
9	15,8	17,1	16,4	15,8	17,1	16,44
10	16,9	16,4	16,4	17,4	16,9	16,8
13	18,6	18,6	19,7	19,4	18,4	18,94
16	20,3	20,6	19,7	19,4	20,9	20,18
21	15,8	15,4	16	16,2	15,2	15,72
23	21,3	19,7	20,6	19,7	19,7	20,2
29	21,3	19,7	20,6	19,7	19,7	20,2
31	19,7	20,6	18,9	18,4	18,9	19,3
32	17,8	17,6	17,1	18,4	17,1	17,6
35	18,1	18,6	19,2	18,6	19,2	18,74
						17,87

Tabela 8 – Avaliação da dureza Knoop na resina acrílica termopolimerizável em microondas na distância de 800 µm.

Amostra	Dureza 1	Dureza 2	Dureza 3	Dureza 4	Dureza 5	Média
3	17,8	18,4	18,9	18,9	17,8	18,36
7	15,8	15,4	16,2	15,4	16	15,76
9	17,2	17,8	17,4	17,4	17,8	17,52
10	18,4	17,6	17,4	17,8	17,1	17,66
13	18,6	18,6	18,6	18,6	18,4	18,56
16	21,2	21,9	21,9	22	22,2	21,84
21	15,4	15	14,5	15	14,6	14,9
23	18,4	18,6	20	19,2	18,4	18,92
29	17,1	18,1	17,4	18,1	18,4	17,82
31	18,1	17,4	18,9	19,2	17,1	18,14
32	17,8	17,6	17,1	17,1	18,1	17,54
35	19,2	18,1	18,9	18,4	18,9	18,7
						17,98

Nas tabelas 9, 10, 11, 12 e 13 estão apresentados os valores de dureza Knoop da resina acrílica fotopolimerizada, de acordo com as distâncias avaliadas.

Tabela 9 – Avaliação da dureza Knoop na resina acrílica Fotopolimerizável na distância de 50 µm.

Amostra	Dureza 1	Dureza 2	Dureza 3	Dureza 4	Dureza 5	Média
4	21,6	21,9	19,2	20,3	18,1	20,22
5	20,3	19,7	19,7	20,3	21,6	20,32
6	22,6	21,9	20	23,5	23,7	22,34
8	18,4	16,9	19,2	16,4	20	18,18
11	17,6	17,4	19,7	18,9	18,4	18,4
15	20	19,8	21,2	19,4	22,2	20,52
20	19,7	19,4	21,9	20	22,2	20,64
24	22,2	20,6	21,9	22,2	23,3	22,04
26	18,4	18,4	21,2	21,9	20,6	20,1
30	20	20,3	20,6	20	19,4	20,06
33	20	20	18,4	18,9	19,2	19,3
36	20	19,7	20,6	20,3	20,9	20,3
						20,20

Tabela 10 – Avaliação da dureza Knoop na resina acrílica Fotopolimerizável na distância de 100 µm.

Amostra	Dureza 1	Dureza 2	Dureza 3	Dureza 4	Dureza 5	Média
4	21,6	18,9	18,1	19,4	23,7	20,34
5	21,2	22,2	22,2	22,2	22,2	22
6	22,2	21,9	21,2	21,6	21,2	21,62
8	19,2	19,2	19,7	20	19,4	19,5
11	19,2	20,6	21,6	19,4	20	20,16
15	22,2	20,3	21,2	19,2	19,8	20,54
20	21,2	21,6	17,6	20,9	23,3	20,92
24	21,2	23,3	24,9	23,7	24,5	23,52
26	23,3	21,6	23,3	19,2	19,2	21,32
30	22,6	19,2	20,9	20	18,9	20,32
33	20,6	19,2	19,4	19,2	21,2	19,92
36	21,9	21,2	21,2	22,2	20	21,3
						20,96

Tabela 11 – Avaliação da dureza Knoop na resina acrílica Fotopolimerizável na distância de 200 µm.

Amostra	Dureza 1	Dureza 2	Dureza 3	Dureza 4	Dureza 5	Média
4	20	19,7	19,2	19,7	20	19,72
5	21,6	20,9	22,2	19,7	21,6	21,2
6	20,9	19,7	22,9	22,6	21,6	21,54
8	19,2	20	20	20	20	19,84
11	21,9	21,2	22,2	20,3	18,6	20,84
15	20,9	22,2	21,9	22,6	21,9	21,9
20	20,3	21,9	23,7	21,9	20,3	21,62
24	25,5	23,3	21,9	24,1	21,9	23,34
26	20,3	20,9	19,4	18,1	21,2	19,98
30	19,4	20	20,3	20,6	21,2	20,3
33	21,2	18,4	18,9	18,1	19,2	19,16
36	21,2	21,6	20,9	21,2	20,9	21,16
						20,88

Tabela 12 – Avaliação da dureza Knoop na resina acrílica Fotopolimerizável na distância de 400 µm.

Amostra	Dureza 1	Dureza 2	Dureza 3	Dureza 4	Dureza 5	Média
4	22,2	22,6	21,6	21,9	21,6	21,98
5	22,6	23,3	24,5	22,6	22,9	23,18
6	21,2	20,3	19,7	20,3	19,8	20,26
8	17,8	20	19,7	17,6	20,9	19,2
11	21,2	20	20,3	21,2	20	20,54
15	20,3	20,3	20,9	20,3	20,7	20,5
20	17,1	22,9	19,7	20,9	22,2	20,56
24	23,7	22,2	21,9	22,6	21,6	22,4
26	20,9	19,7	20	19,2	21,2	20,2
30	21,9	20,6	20,9	19,1	21,9	20,88
33	18,4	21,6	22,2	20,9	21,9	21
36	21,2	20,9	20,9	22,6	21,2	21,36
						21,01

Tabela 13 – Avaliação da dureza Knoop na resina acrílica Fotopolimerizável na distância de 800 µm.

Amostra	Dureza 1	Dureza 2	Dureza 3	Dureza 4	Dureza 5	Média
4	20	20,9	22,2	22,6	22,6	21,66
5	22,6	23,7	21,6	23,7	22,2	22,76
6	20,6	21,6	19,8	20,3	20,7	20,6
8	20,9	19,4	20,3	20,9	20,9	20,48
11	18,1	21,9	21,2	19,7	22,2	20,62
15	23,3	24,5	23,1	23,5	24,5	23,78
20	20,3	20,6	20,3	19,8	20,4	20,28
24	21,9	21,9	23,3	23,7	21,6	22,48
26	19,7	20,3	20	21,6	20,9	20,5
30	22,6	21,6	19,2	21,2	20,3	20,98
33	21,6	22,9	21,9	20,6	20,9	21,58
36	20,6	20,9	22,6	22,2	21,2	21,5
						21,44

Nas tabelas 14, 15, 16, 17 e 18 estão apresentados os valores de dureza Knoop da resina acrílica termopolimerizada em água aquecida, de acordo com as distâncias avaliadas.

Tabela 14 – Avaliação da dureza Knoop na resina acrílica termopolimerizável em água aquecida, na distância de 50 µm.

Amostra	Dureza 1	Dureza 2	Dureza 3	Dureza 4	Dureza 5	Média
1	14,5	14,5	13,8	14,1	14,8	14,34
2	17,6	16,4	16,2	14,5	16,2	16,18
12	16,4	14,5	14,8	15,6	14,5	15,16
14	19,2	18,1	20	19,7	19,4	19,28
17	20	21,6	20,3	19,4	19,7	20,2
18	17,1	17,4	16,7	14,6	16,7	16,5
19	18,1	18,6	17,1	17,4	17,6	17,76
22	18,1	19,1	18,6	18,9	18,2	18,58
25	15,8	15,8	14,3	15	15,8	15,34
27	18,6	17,6	18,1	17,4	17,6	17,86
28	15,8	16,4	16	16,2	15	15,88
34	18,1	17,4	17,1	18,6	17,4	17,72
						17,07

Tabela 15 – Avaliação da dureza Knoop na resina acrílica termopolimerizável em água aquecida, na distância de 100 µm.

Amostra	Dureza 1	Dureza 2	Dureza 3	Dureza 4	Dureza 5	Média
1	15,6	15,8	14,6	15,2	17,8	15,8
2	17,2	15,8	15,8	16,7	17,6	16,62
12	15,8	15,6	16,4	15,2	16,2	15,84
14	19,4	19,7	18,1	18,6	18,4	18,84
17	18,6	18,9	18,6	17,8	18,4	18,46
18	16,4	16,7	15,8	16,4	16,4	16,34
19	17,4	18,1	17,4	17,1	16,9	17,38
22	19,1	17,6	17,4	18,1	17,2	17,88
25	15	16,4	17,6	16,4	16,9	16,46
27	17,6	18,1	17,4	17,6	18,9	17,92
28	16,7	15,2	15,6	15,4	15	15,58
34	17,1	18,1	17,6	17,6	17,4	17,56
						17,06

Tabela 16 – Avaliação da dureza Knoop na resina acrílica termopolimerizável em água aquecida, na distância de 200 µm.

Amostra	Dureza 1	Dureza 2	Dureza 3	Dureza 4	Dureza 5	Média
1	16,7	16,7	15,8	16,7	16	16,38
2	18,6	16,9	17,1	16,7	16,7	17,2
12	16,7	15,6	16,4	16,4	15,8	16,18
14	18,4	18,9	17,1	18,4	18,9	18,34
17	17,8	17,8	18,4	17,8	17,9	17,94
18	16	16,2	15,4	16	15,4	15,8
19	17,6	18,9	17,8	17,6	17,1	17,8
22	18,9	17,4	18,1	18,4	19,2	18,4
25	16,7	16,9	17,6	16,9	17,1	17,04
27	18,6	17,1	17,8	18,1	17,6	17,84
28	15,2	16,4	15,8	16	16,4	15,96
34	17,1	18,4	18,1	17,6	17,1	17,66
						17,21

Tabela 17 – Avaliação da dureza Knoop na resina acrílica termopolimerizável em água aquecida, na distância de 400 µm.

Amostra	Dureza 1	Dureza 2	Dureza 3	Dureza 4	Dureza 5	Média
1	15,6	17,6	16,2	16,4	16,9	16,54
2	16,4	18,6	18,1	17,4	17,6	16,62
12	15,8	16,7	16,2	16,7	16,7	16,42
14	18,1	18,9	17,8	19,4	18,4	18,52
17	19,7	18,1	19,7	17,8	18,6	18,78
18	17,1	16,9	20,3	17,6	17,4	17,86
19	18,4	17,1	17,6	17,8	18,1	17,8
22	20,6	20	19,2	19,7	19,2	19,74
25	18,1	17,8	17,4	16,9	17,6	17,56
27	18,1	17,6	17,4	18,9	18,1	18,02
28	16,4	15,8	16	17,4	17,4	16,6
34	17,8	18,1	17,6	18,6	17,6	17,94
						17,78

Tabela 18 – Avaliação da dureza Knoop na resina acrílica termopolimerizável em água aquecida, na distância de 800 µm.

Amostra	Dureza 1	Dureza 2	Dureza 3	Dureza 4	Dureza 5	Média
1	17,6	16,9	16,7	16,7	18,1	17,2
2	16,9	16,7	17,6	18,4	17,6	17,44
12	17,1	17,4	16,4	17,4	16,2	16,9
14	18,6	19,2	19,4	19,4	20	19,32
17	19,2	18,9	18,4	18,6	18,4	18,7
18	18,4	19,4	18,4	18,9	19,4	18,9
19	18,6	17,8	18,1	17,6	17,6	17,94
22	19,2	17,4	18,1	19,4	19,2	18,66
25	17,6	17,4	17,4	18,1	16,7	17,44
27	18,6	17,8	17,6	17,1	18,1	17,84
28	17,4	16,9	16,9	15,6	17,1	16,78
34	17,8	18,1	18,9	18,4	18,9	18,42
						17,96

Os resultados da rugosidade superficial das resinas acrílicas avaliadas estão dispostos das Tabelas 19, 20 e 21, a seguir.

Tabela 19 – Avaliação da rugosidade superficial na resina acrílica termopolimerizável em microondas.

Amostra	Ra 1	Ra 2	Ra 3	Média
3	0,056	0,052	0,052	0,054
7	0,067	0,073	0,063	0,068
9	0,057	0,049	0,063	0,056
10	0,072	0,053	0,048	0,058
13	0,051	0,060	0,049	0,053
16	0,054	0,058	0,052	0,054
21	0,058	0,076	0,055	0,063
23	0,055	0,063	0,050	0,056
29	0,040	0,046	0,057	0,048
31	0,060	0,051	0,058	0,056
32	0,047	0,053	0,062	0,054
35	0,071	0,054	0,054	0,060
				0,057

Tabela 20 – Avaliação da rugosidade superficial na resina acrílica Fotopolimerizável.

Amostra	Ra 1	Ra 2	Ra 3	Média
4	0,116	0,138	0,126	0,127
5	0,089	0,121	0,112	0,107
6	0,138	0,126	0,100	0,121
8	0,130	0,104	0,089	0,108
11	0,124	0,103	0,198	0,141
15	0,091	0,078	0,096	0,088
20	0,142	0,098	0,104	0,115
24	0,138	0,121	0,112	0,124
26	0,112	0,077	0,141	0,110
30	0,089	0,103	0,100	0,097
33	0,136	0,124	0,127	0,129
36	0,091	0,104	0,104	0,100
				0,114

Tabela 21 – Avaliação da rugosidade superficial na resina acrílica termopolimerizável em água aquecida.

Amostra	Ra 1	Ra 2	Ra 3	Média
1	0,053	0,055	0,056	0,055
2	0,067	0,055	0,065	0,062
12	0,085	0,053	0,053	0,064
14	0,064	0,071	0,052	0,062
17	0,055	0,054	0,058	0,056
18	0,071	0,060	0,066	0,066
19	0,039	0,046	0,043	0,043
22	0,043	0,044	0,057	0,048
25	0,048	0,045	0,064	0,052
27	0,040	0,046	0,057	0,048
28	0,060	0,053	0,053	0,055
34	0,058	0,050	0,047	0,052
				0,055

ANEXO II

Variável: rugosidade

Quadro das médias de rugosidade sem e com transformação de dados pelo logaritmo natural.

	Grupos	N	Média	Desvio Padrão	Desvio Padrão da Média	I.C. 95% Limite Inferior	Limite Superior
RUGOS	1	12	0,05653	0,005122	0,001479	0,053276	0,059785
	2	12	0,11381	0,015180	0,004382	0,104166	0,123456
	3	12	0,05515	0,007132	0,002059	0,050618	0,059682
	Total	36	0,07516	0,029413	0,004902	0,065212	0,085116
LN_RUG	1	12	-2,87665	0,089152	0,025736	-2,933296	-2,820007
	2	12	-2,18146	0,134665	0,038875	-2,267025	-2,095900
	3	12	-2,90555	0,131702	0,038019	-2,989224	-2,821866
	Total	36	-2,65455	0,359022	0,059837	-2,776029	-2,5330774

Teste de Homogeneidade de Variâncias

Variáveis	Estatística de Levene	g.l.1	g.l.2	p-valor
RUGOS	7,754	2	33	0,002
LN_RUG	1,589	2	33	0,219

Quadro de análise de testes de normalidade para os dados de rugosidade.

	TRAT	Estatística de Kolmogorov-Smirnov	g.l.	p-valor	Estatística de Shapiro-Wilks	g.l.	p-valor
RUGOS	1	0,185	12	0,200	0,936	12	0,451
	2	0,110	12	0,200	0,987	12	0,990
	3	0,166	12	0,200	0,960	12	0,721
LN_RUG	1	0,168	12	0,200	0,948	12	0,568
	2	0,119	12	0,200	0,986	12	0,989
	3	0,163	12	0,200	0,957	12	0,685

Quadro de Análise de Variância para as variáveis RUGOS e LN_RUGOS

		Somas de Quadrados	g.l.	Quadrados Médios	F	p-valor
RUGOS	Tratamentos	0,02690	2	0,01345	131,184	0,000
	Resíduo	0,003383	33	0,0001025		
	Total	3,028E-02	35			
LN_RUG	Tratamentos	4,034	2	2,017	139,322	0,000
	Resíduo	0,478	33	0,01448		
	Total	4,511	35			

Quadro de teste Tukey e teste t sem e com transformação dos dados.

RUGOS			
Médias Ordenadas	Grupos (Tratamentos)		
0,05515	3	A	
0,05653	1	A	
0,11381	2		B

LN_RUGOS				
Médias Ordenadas	Médias Transformadas	Grupos (Tratamentos)		
-2,90555	0,05472	3	A	
-2,87665	0,05632	1	A	
-2,18146	0,11288	2		B

Variável: dureza

Quadro das médias e desvio padrão da variável dureza.

GRUPOS	Distâncias	Média	Variância	Desvio Padrão	N
1	50	16,776667	3,431	1,852425	12
	100	17,160000	6,853	2,617869	12
	200	17,293333	5,148	2,268974	12
	400	17,871667	2,525	1,589178	12
	800	17,976667	2,887	1,699087	12
	Total	17,415667	4,092	2,022896	60
2	50	20,201667	1,495	1,222738	12
	100	20,955000	1,195	1,092990	12
	200	20,883333	1,344	1,159524	12
	400	21,005000	1,173	1,082896	12
	800	21,435000	1,192	1,091758	12
	Total	20,896000	1,353	1,163314	60
3	50	17,066667	3,192	1,786583	12
	100	17,056667	1,203	1,096733	12
	200	17,211667	0,864	0,929456	12
	400	17,783333	0,939	0,969192	12
	800	17,961667	0,694	0,832934	12
	Total	17,416000	1,432	1,196859	60
Total	50	18,015000	5,025	2,241649	36
	100	18,390556	6,291	2,508251	36
	200	18,462778	5,326	2,307915	36
	400	18,886667	3,767	1,940775	36
	800	19,124444	4,246	2,060486	36
	Total Geral	18,575889	4,974	2,230136	180

Quadro dos testes de normalidade dos dados divididos em grupos.

	GRUPOS	g.l.	Estatística de Kolmogorov-Smirnov	p-valor	Estatística de Shapiro-Wilks	p-valor
DUREZA	1	60	0,121	0,030	0,9862	0,7347
	2	60	0,120	0,030	0,9803	0,4413
	3	60	0,098	0,200	0,9735	0,2149

Test de Levene para Homogeneidade de Variâncias

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
VARY	Based on Mean	13,477	2	177	0,000
	Based on Median	10,890	2	177	0,000

Quadro dos testes de normalidade dos dados divididos em distâncias.

	Distâncias	Kolmogorov-Smirnov Statistic	g.l.	p-valor	Shapiro-Wilks Statistic	g.l.	p-valor
DUREZA	50	0,125	36	0,171	0,944	36	0,095
	100	0,093	36	0,200	0,979	36	0,748
	200	0,062	36	0,200	0,983	36	0,879
	400	0,117	36	0,200	0,963	36	0,381
	800	0,151	36	0,038	0,965	36	0,414

Teste de Homogeneidade de Variâncias entre as distâncias

	Estatística de Levene	df1	df2	Sig.
Baseada na Média	0,816	4	175	0,516
Baseada na Mediana	0,903	4	175	0,464

Quadro de Análise de Variância

Fontes de Variação	Somas de Quadrados	g.l.	Quadrados Médios	F	p-valor
GRUPOS	484,462	2	242,231	106,441	< 0,001
DISTANC	27,332	4	6,833	3,003	0,020
GRUPOS * DISTANC	2,968	8	0,371	0,163	0,995
Resíduo	375,494	165	2,276		
Total Ajustado	890,257	179			

R^2 = 0,578 (R^2 Ajustado = 0,542) C.V. = 12,25%

Quadro de comparações Múltiplas.

						I.C. 95%	
	GRUPOS	GRUPOS	Diferença de médias	Desvio Padrão	p-valor	Lim. Inferior	Limite Superior
Tukey HSD	1	2	-3,4803	0,2754	< 0,001	-4,1258	-2,8348
		3	-0,0003	0,2754	1,000	-0,6458	0,6452
	2	3	3,4800	0,2754	< 0,001	2,8345	4,1255

Quadro do teste Tukey entre os grupos.

	GRUPOS	N	Médias		
Tukey HSD	3	60	17,4157	A	
	1	60	17,4160	A	
	2	60	20,8960		B

Quadro do teste Tukey entre distâncias.

	DISTANCIAS	N	Médias		
Tukey HSD	50	36	18,015	A	
	100	36	18,391	A	B
	200	36	18,463	A	B
	400	36	18,887	A	B
	800	36	19,124		B

Desdobrando a interação Grupos e distâncias, vê-se que não há diferença entre as distâncias em nenhum dos grupos.

Grupo	G. L.	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	F. Value	Pr > F
1	4	12. 135707	3. 033927	1.33	0. 2598
2	4	9. 457707	2. 364427	1.04	0. 3888
3	4	8. 707107	2. 176777	0.96	0.4330

Quadro do teste Tukey para as distâncias em cada grupo.

Distâncias	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	
50	16,777	20,202	17,067	A
100	17,160	20,955	17,067	A
200	17,293	20,883	17,212	A
400	17,872	21,005	17,783	A
800	17,977	21,435	17,962	A

Quadro do teste de Kruskal-Wallis da diferença entre os valores originais e as médias de cada distância.

Grupo	N	Mediana	Postos Médios	Z
1	60	-1.016	64.4	-4.76
2	60	2.177	146.1	10.13
3	60	-1.136	61.0	-5.37
Total	180		90.5	

H = 102.69 DF = 2 P = 0.000 (ajustado para empates)